

LOS NITRATOS Y LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ESPAÑA

The Nitrates And The Groundwaters In Spain

Loreto Fernández Ruiz*

RESUMEN

La calidad de las aguas subterráneas es objeto de atención preferente por parte de las autoridades ambientales de la Unión Europea (UE), en la medida en que constituye un factor esencial para el aprovechamiento de este recurso renovable de importancia estratégica. La Directiva Marco del agua (DMA) y la Directiva sobre la protección de las aguas subterráneas, canalizan este interés, básicamente, a través de estrategias de prevención y control de la contaminación, dirigidas a garantizar el buen estado químico de estas aguas.

Entre los problemas de contaminación, que deterioran la calidad natural de los recursos hídricos, cabe señalar, el que plantean los nitratos; así, la presencia de concentraciones elevadas de este compuesto en las aguas subterráneas, constituye actualmente, tanto en España como en la mayoría de los países desarrollados, una de las mayores amenazas para la calidad del agua de los acuíferos.

La Directiva sobre nitratos, de la UE, trata de reducir la contaminación relacionada con la agricultura. Entre tanto, las inversiones realizadas por el sector del agua garantizan el mantenimiento de la calidad del agua potable. Sin embargo, los fertilizantes orgánicos y minerales y los plaguicidas utilizados siguen incorporándose a las aguas subterráneas. Aunque se prevé que el empleo de dichos productos químicos disminuirá en los quince antiguos Estados miembros, y según las previsiones el uso de fertilizantes minerales se estima que aumente, a medida que se intensifique la agricultura en los diez nuevos Estados miembros.

ABSTRACT

The quality of groundwater is object of preferred attention on the part of the environmental authorities of European Union (UE), in the measurement in which it constitutes an essential factor for the advantage of this renewable resource of strategic importance. The Water Framework Directive (WFD) of and the Directive on the protection of groundwater, basically canalize this interest through strategies of prevention and control of the contamination, directed to guarantee the good chemical state of this water.

Between the contamination problems, that deteriorate the natural quality of the hydric resources, it is possible to indicate the one that raises nitrates; thus, the presence of concentrations elevated of this compound in groundwater, constitutes at the moment, as much in Spain as in most of the developed countries, one of the greater threats for the quality of the water of aquifers.

The Directive on nitrates, the UE, deals with to reduce the contamination related to agriculture. In the meantime, the investments made by the sector of the water guarantee the maintenance of the quality of the potable water. Nevertheless, the organic and mineral fertilizers and the used plaguicidas continue getting up itself groundwater. Although it is anticipated that the use of these chemical agents will diminish in the fifteen old States members, and according to the forecasts the mineral fertilizer use esteem that increases, as agriculture intensifies in the ten new States members

Palabras clave: aguas subterráneas, nitratos, contaminación, Directiva de nitratos, Directiva Marco de Agua
Keywords: groundwater, nitrates, pollutions, Directive on nitrates, Water Framework Directive

INTRODUCCIÓN

Las especiales características y condiciones naturales de las aguas subterráneas las hacen idóneas para su utilización, en muchos casos, frente a otras alternativas. Ello se debe a la amplia distribución en el territorio de las formaciones acuíferas, sus importantes reservas de agua, su facilidad de captación, y grado considerable, en general, de protección frente a agentes contaminantes.

La calidad de las aguas subterráneas es un concepto cuya definición está estrechamente ligada al grado de aptitud respecto al uso al que, en cada caso, se encuentren destinadas. Los objetivos de calidad (Foster, S. S. D. & Skinner, A. C. 1995) ofrecen diferentes niveles de exigencia, de manera que, por ejemplo, resultan sensiblemente más estrictos en el caso de las aguas destinadas al consumo humano, que si se trata de aguas para el riego de cultivos. Asimismo, debe tenerse en cuenta que la apti-

(*)Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas, 23. 28071 Madrid. ml.fernandez@igme.es

tud para un uso concreto viene determinada en función tanto de la presencia o ausencia de ciertos componentes, como del nivel de concentración en que se encuentren.

La problemática originada por el incremento en las aguas del contenido en nitratos, supone en el contexto general de la contaminación, uno de los capítulos de mayor interés en razón del importante número de aprovechamientos para abastecimientos afectados, que aumenta progresivamente debido, entre otros factores, a la creciente y persistente acción de una serie de actividades e instalaciones potencialmente contaminantes.

En países donde el sector agrario alcanza un fuerte desarrollo, caso de España y de gran parte de países de la Unión Europea, el fenómeno de la contaminación por nitratos se encuentra ligado a dicha actividad en su doble vertiente agrícola y ganadera, convirtiéndose la caracterización de esta relación causa-efecto, en uno de los objetivos básicos de la investigación actual sobre la materia.

El empleo de fertilizantes inorgánicos en agricultura se remonta al último cuarto del siglo XIX, aunque su producción masiva no se inicia hasta después de la segunda guerra mundial (1945), el máximo crecimiento del consumo anual de fertilizantes corresponde al periodo 1950-1975, durante el cual se multiplicó por seis en la mayor parte de los países europeos (15 a 95 millones de toneladas). La situación en España no difiere de lo expuesto y aunque resulta incuestionable el enorme beneficio que han supuesto los cambios en las prácticas agrícolas: uso de fertilizantes inorgánicos, plaguicidas sintéticos, aumento de la mecanización y regadíos, entre otros, es imprescindible hacer patente la necesidad de armonizar el progreso con la preservación del medio ambiente, al recaer los efectos más negativos del desarrollo sobre este último.

Teniendo en cuenta, la atención preferente a la calidad de las aguas subterráneas de la UE, en la medida que constituye un factor esencial para el aprovechamiento de este recurso renovable de importancia estratégica, y con el objetivo de reducir la contaminación de las aguas (superficiales, subterráneas, lagos, aguas costeras...) atribuible, de modo directo o indirecto, a los nitratos de origen agrario y limitar su extensión, se adoptó por el Consejo Europeo la Directiva 676/91 relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.

Con la aparición de la Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DMA) como norma general integradora de las actuaciones en materia de aguas y de la Directiva 2006/118/CE relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, queda afectada, en mayor o menor medida, la anterior normativa comunitaria relacionada con la problemática de los nitratos.

LA PROBLEMÁTICA DE LOS NITRATOS Y LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

La contaminación de las aguas subterráneas se puede definir por la alteración de su calidad natural que inhabilita parcial o totalmente el recurso para el uso al que se destina. Atendiendo a su origen y distribución espacial se agrupan en dos tipos de fuentes de nitrógeno, puntuales, asociadas a actividades industriales y urbanas (lixiviados de vertederos de residuos sólidos urbanos, vertidos de aguas residuales urbanas entre otras) y difusas asociadas a las actividades de origen agrario.

De acuerdo con este esquema planteado los aportes de nitrógeno a las aguas subterráneas pueden resumirse en:

- *El nitrógeno de origen atmosférico, especialmente importante en áreas industriales.*
- *Los vertidos inadecuados de las actividades industriales o almacenamiento de materias primas sin el debido control.*
- *Los vertidos a cauces superficiales o directamente al suelo, de efluentes urbanos con o sin tratamiento previo.*
- *La inadecuada gestión de lixiviados procedentes de vertederos de residuos sólidos urbanos.*
- *El excedente de nitrógeno procedente de fertilizantes, no asimilado por los cultivos y lixiviado al acuífero a través de la zona no saturada.*
- *Los efluentes originados en las explotaciones ganaderas intensivas, por acumulación e incorrecta eliminación de los mismos.*

La consideración, muy generalizada en la literatura científica, de que las prácticas agrarias son las principales responsables de la contaminación por nitratos en las aguas subterráneas (Fernández Ruiz, et al, 2005), se sustenta, entre otros argumentos, en la relación existente entre el incremento del contenido en nitratos, con el uso del suelo para el desarrollo agrícola, la evolución en los últimos años del consumo de fertilizantes y los cambios en el sistema de producción ganadera.

De entre todas las actividades o instalaciones potencialmente contaminantes por compuestos de nitrógeno, son las prácticas agrarias -abonado, riego y residuos ganaderos- por su amplitud y volúmenes de aplicación, el factor principal de alteración de la calidad de las aguas subterráneas, aunque sin olvidar que las fuentes puntuales de contaminación pueden repercutir, de forma intensa y localizada, sobre áreas concretas.

El ciclo de nitrógeno en los suelos agrícolas, comprende un conjunto de transformaciones y los procesos de transporte en el suelo que, unido al conjunto de variables que introducen, las actividades desarrolladas en la superficie del terreno, la naturaleza de la zona no saturada, espesor, tipo de riego, etc., van a condicionar la incorporación de compuestos de nitrógeno en mayor o menor volumen al flujo subterráneo.

De forma sintética, se presentan algunos de los principales procesos que tiene lugar en el ciclo del nitrógeno (Fig.1) en el desarrollo de la actividad agraria y que se describen a continuación:

Absorción de nitrógeno por la planta, del que parte vuelve al suelo después de la cosecha (raíces, tallos, ...) y es aprovechado o puede serlo por los cultivos de la siguiente cosecha.

Mineralización, transformación del nitrógeno orgánico del suelo en amonio debido a la acción de los microorganismos mientras que la inmovilización es el proceso contrario. El balance entre ambos se denomina mineralización neta.

Volatilización, emisión de amoníaco gaseoso desde el suelo a la atmósfera. Si los estiércoles no se incorporan al suelo, pierden una parte importante de nitrógeno que contienen en forma amónica.

Nitrificación, transformación del amonio en nitrato y posteriormente en nitrato debido a la acción de las bacterias aeróbicas del suelo.

Desnitrificación, conversión del nitrato en nitrógeno gaseoso, o en óxidos de nitrógeno.

Deposición atmosférica, nitrógeno que en distintas formas contienen las precipitaciones procedentes de la lluvia.

Lixiviación, arrastre del nitrato no aprovechado por debajo de la zona radicular a través de la lluvia o riego, produciendo la contaminación de las aguas subterráneas.

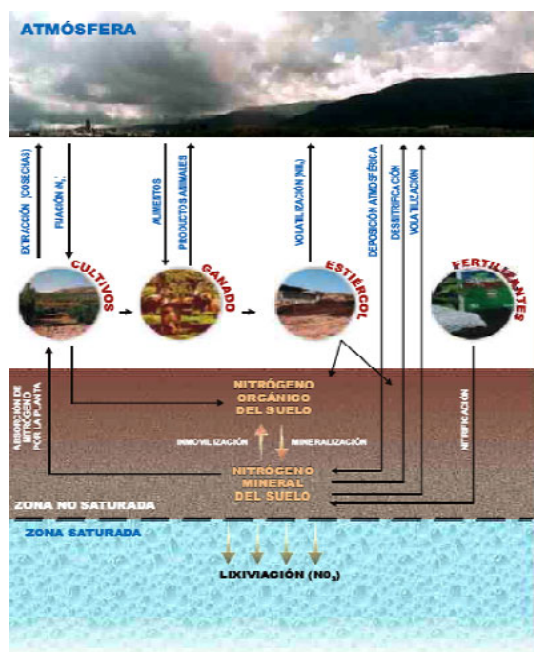


Fig. 1. Ciclo del nitrógeno. Fuente. Elaboración propia

Enunciados los principales procesos constituyentes del ciclo del nitrógeno en los suelos agrícolas (Ramos y Ocio, 1992) se pasa a analizar la problemática que las elevadas concentraciones de nitratos suponen para las aguas subterráneas.

Otro de los factores, que junto con las prácticas agrarias va a contribuir de forma significativa a la incorporación de nitratos al flujo subterráneo, es el hidrogeológico. La litología, permeabilidad y espesor de la zona no saturada del acuífero, va a condicionar las reacciones que se producen en el tránsito del nitrato desde la zona radicular de los cultivos hasta el nivel de agua y, por tanto, la cantidad de nitrato que se incorpore al flujo subterráneo.

En lo referente a las principales prácticas agrarias, aunque no de forma exclusiva, va a condicionar la lixiviación de nitratos, la fertilización nitrogenada, tipo de cultivo, el riego, junto con la gestión y valorización de los residuos ganaderos.

La aplicación de fertilización nitrogenada puede ocasionar problemas, cuando la cantidad de nitrógeno aplicado excede de la dosis crítica adecuada para cada tipo de cultivo, al aumentar rápidamente la lixiviación de nitratos y, por tanto, el riesgo de incorporación a las aguas subterráneas, mientras que la producción apenas se incrementa.

Otra de las variables a tener en cuenta es la forma química en la que se presenta en el abono el nitrógeno. Aquellos fertilizantes que se presentan en forma de nitratos, de elevada movilidad, son fácilmente arrastrados por el agua de infiltración procedente de la lluvia, riego o de ambos, frente a los amoniacales que presentan una baja movilidad (Ramos, 1996). El paso de la urea y de los compuestos amoniacales a la forma más estable de nitrógeno, los nitratos, se realiza con rapidez, siempre que se den las condiciones de temperatura y humedad adecuadas, lo que aumentará el riesgo de contaminación.

Los abonos orgánicos, en los que el nitrógeno se presenta en forma orgánica (no asimilable por las plantas pero que se transforma en mineral por la acción de los microorganismos del suelo) y mineral, se han aplicado habitualmente como abono en las áreas de cultivo, disminuyendo claramente su aplicación con la aparición de los fertilizantes sintéticos y por la especialización de la actividad agraria.

La producción de estiércol en España, generado por animales estabulados, es de 76 millones de toneladas anuales de las cuales 30 corresponden a estiércol sólido y 46 al líquido o semi-pastoso (Bigeriego, 2001). El gran volumen de estiércol líquido, sobre todo el de porcino, generada en zonas de agricultura intensiva está dando problemas importantes de contaminación por nitratos de las aguas subterráneas, ya sea por el inadecuado aprovechamiento para la agricultura, lo que ocasiona una pérdida importante de nutrientes, o por su incorrecto tratamiento o depuración.

Durante los últimos cincuenta años, la disminución de pastos permanentes y zonas "tampón" (zanjas, setos, humedales,...), que favorecen la erosión, la escorrentía y el drenaje más rápido de nutrientes a las aguas subterráneas, ha sido una de las características de la evolución de las prácticas agrícolas. En España se ha perdido un 60% de las zonas húmedas en el último siglo, debido al drenaje del suelo para su cultivo, plantación de árboles o el desa-

rrollo urbano; estas zonas húmedas pueden llegar a eliminar del agua hasta 2 kg N/ha/día, por lo que es evidente que su pérdida va en detrimento de la calidad de las aguas.

La lluvia y el riego ejercen un importante papel, como vehículo de transporte a través de la zona no saturada y saturada de los compuestos de nitrógeno, (Carrasco et al, 2007) en el problema de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas, siendo del máximo interés optimizar la eficiencia (fracción del agua aplicada que se evapotranspira) y uniformidad del riego, que a su vez está íntimamente relacionado con los métodos de irrigación que se empleen, para conseguir que las pérdidas por infiltración sean las mínimas.

LA SALUD Y LOS NITRATOS

El nitrato, como sustancia de origen natural, se encuentra como componente de los alimentos en los productos cárnicos, lácteos, verduras, cereales y frutas y a excepción de algunos tipos de verduras (remolacha, apio, lechugas y espinacas entre otras), las concentraciones en las que se presenta son muy bajas.

Presenta dificultades, la estimación de un promedio de ingesta de nitratos al depender ésta de la dieta individual y del contenido que presenta el agua potable. La ingesta diaria aceptable (IDA) es la cantidad máxima de una sustancia que se recomienda y se asigna tras la determinación de un nivel de observación de no efectos adversos, derivados de ensayos toxicológicos para aditivos u otras sustancias que puedan representar un riesgo para la salud.

En la actualidad la recomendación de FAO/OMS es de 0-3,7 mg/kg de peso corporal expresada en iones nitrato. Puesto que la toxicidad de los nitratos proviene de su conversión en nitritos y de la posible formación endógena de N-nitrocompuestos, se debe tener en cuenta también la IDA de los nitritos aplicada a toda fuente de ingesta de 0-0,06 mg/kg de peso corporal en término de iones de nitrito.

La principal preocupación asociada con la alta concentración de nitratos en el agua potable es la metahemoglobinemia en bebés. Para que ésta se produzca es necesario primero una reducción de nitrato a nitrito, obteniéndose de la combinación de éste último con la hemoglobina de la sangre la metahemoglobina que es incapaz de transportar oxígeno y así parece poco probable que esta enfermedad infantil esté causada por suministro de agua con tratamiento bacteriológico, aunque contengan cantidades de nitratos próxima a los 100 mg/L. El 98% de la población europea utiliza conducciones de agua tratadas bacteriológicamente, por lo que la metahemoglobinemia es prácticamente inexistente.

Los N-nitrosocompuestos, considerados, generalmente, como cancerígenos, proceden de dos orígenes: formación endógena (natural en el estómago) y los formados previamente que se incluyen en alimentos y fármacos.

Aunque no existen evidencias epidemiológicas para relacionar nitratos-cáncer, se han detectado elevadas concentraciones de nitrito y nitrógeno-nitroso en personas que segregan cantidades inadecuadas de jugos gástricos, grupo de elevado riesgo de cáncer gástrico. Por otra parte, otros estudios realizados en poblaciones con una dieta rica en verduras, lo que a su vez implica una elevada ingesta de nitratos, revelan la correlación negativa entre éstas altas concentraciones y el cáncer gástrico, por lo cual se plantea la problemática pero sin poder llegar a valorar de forma efectiva el riesgo real a está enfermedad.

NORMATIVA LEGAL

La máxima concentración permitida de nitratos en las aguas de consumo público en los países de la UE es de 50 mg/L, por lo que todas las medidas legales y actuaciones técnicas que se encuentran en desarrollo, se dirigen a conseguir una rebaja sustancial en los contenidos de este compuesto en las aguas de infiltración, para alcanzar los niveles permitidos por la legislación, lo que conlleva ajustes de gran importancia en las prácticas agrarias que se desarrollan, al ser esta actividad una de las máximas causantes del deterioro de la calidad de los recursos hídricos subterráneos por este compuesto.

El sostenido incremento de las concentraciones de nitratos en las aguas, por encima de los niveles establecidos en algunas regiones de los Estados miembros, que tiene su origen principal en la lixiviación de suelos, entre otras, condujeron, no sin reticencias por una gran parte de los países de la UE, a la aprobación de la Directiva 676 relativa a nitratos.

- El objetivo de la Directiva, adoptada por el Consejo en 1991, es reducir la contaminación de las aguas atribuible de modo directo o indirecto a los nitratos de origen agrario y prevenir su extensión. La Directiva persigue la aplicación de una serie de medidas y actuaciones que se resumen en:
- Determinación de aguas afectadas por la contaminación o que podrían verse afectadas de no tomarse medidas. (*Artículo 3.1* con arreglo a los criterios definidos en el *Anexo I*).
- Designación de zonas vulnerables que corresponderán aquellas superficies del territorio cuya escorrentía afecte o pueda afectar a la contaminación por nitratos de las aguas contempladas en el apartado anterior (*Artículo 3.2*).
- Elaboración de uno o mas códigos de buenas prácticas agrarias que podrán poner a efecto los agricultores de forma voluntaria y que contemplarán como mínimo las cuestiones recogidas en la letra A del Anexo II (*Artículo 4*).
- Establecimiento de programas de acción, que se aplicarán durante los cuatro años siguientes a su elaboración, en las zonas vulnerables designadas y contendrán obligatoriamente las medidas recogidas en el *Anexo III* y las dis

puestas por los Estados miembros en sus códigos de buenas prácticas agrarias. (Artículo 5).

- Presentación de un informe cuatrienal a la Comisión, cuyo contenido viene especificado en el Anexo V (Artículo 10).

Esta Directiva se traspuso al ordenamiento jurídico español mediante el RD 261/1996 de 16 de febrero y su aplicación tanto en España como en la mayoría de los países de la UE no es todo lo eficaz que sería de desear, presentando en general, el mayor problema, la realización y puesta en marcha de los programas de acción cuatrienales que constituyen el núcleo de la norma.

La entrada en vigor de la Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DMA), como norma general integradora de las actuaciones en materia de aguas y de la Directiva 2006/118/CE, afecta en mayor o menor medida a la anterior normativa comunitaria relacionada con el tema, concretamente a la aplicación de la Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación por nitratos utilizados en la agricultura.

En otros casos la DMA contempla medidas de coordinación de la restante normativa comunitaria en materia de aguas (Fernández Ruiz, L., 2002). Así, en su art. 11.3 dispone que entre las “medidas básicas” que debe contener el programa de medidas a establecer por los Estados miembros para cada demarcación hidrográfica con el fin de alcanzar los objetivos de la DMA, figurarán necesariamente las medidas exigidas en virtud de otras normas comunitarias relacionadas en el art. 10 y el Anexo VI, entre ellas la Directiva 91/676/CEE.

Como mayor incidencia en la normativa anterior, la DMA (art. 6 y Anexo IV) considera como zonas protegidas, que deben ser objeto de un registro especial a incluir en los planes hidrológicos de cuenca, las zonas declaradas vulnerables en virtud de lo previsto en el art. 3.2 de la Directiva 91/676/CEE.

PANORAMA AGRÍCOLA EUROPEO

Según datos de la European Fertilizer Manufacturers Association (EFMA), durante el período comprendido entre los años 50 y finales de la década de los 80, el consumo de fertilizantes nitrogenados en los países que hoy integran la Europa de los veinticinco (UE-25), creció de forma casi ininterrumpida hasta superar los 14 millones de toneladas de nitrógeno. En los años posteriores se produjo un acusado descenso, que alcanzó su valor mínimo en 1992, con algo más de 10 millones de toneladas. A continuación se produjo un ligero repunte que se prolongó hasta finales de la década pero, a partir del año 1999 (Fig. 2) y hasta 2005, el consumo volvió a registrar una tendencia descendente, aunque poco acusada, que la EFMA estima en un 3,5% para el período 2005-2015.

Según esta Asociación, tal descenso afectará a la mayoría de los países integrantes de la UE-15, salvo acaso Francia, debido al incremento de los cultivos energéticos para producción de biomasa y, especialmente, de biocombustibles. Sin embargo, en los países recientemente incorporados de la UE-10 se espera un incremento significativo del consumo de fertilizantes nitrogenados, asociado a una previsión de crecimiento de la producción de cereales del 12%; no obstante, este incremento no compensa el mencionado descenso del consumo en la UE-15.

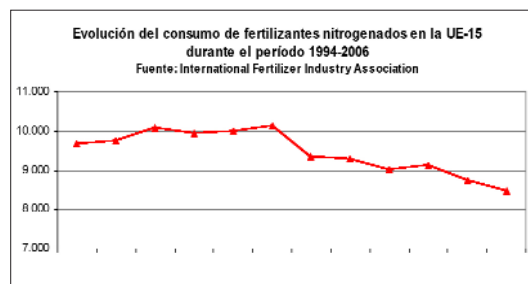


Fig. 2. Consumo de fertilizantes en la Europa de los 15.

Los datos más recientes disponibles –período 2003-04– obtenidos de la International Fertilizer Industry Association (IFA), sitúan a Francia en la primera posición, seguida de Alemania y España, esta última con un valor muy parecido al del Reino Unido. Conviene destacar que la suma de los consumos de estos cuatro países resulta 2,5 veces superior al conjunto de los 11 países restantes. Los datos proporcionados por la misma fuente indican que, para el período 1994-04, el consumo en todos los países del EU-15 tiende a descender, salvo Alemania y España, donde no experimenta variaciones significativas.

Según los últimos datos publicados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), España ocupa, tras Francia, el segundo lugar tanto en superficie total como en superficie absoluta destinada a tierras de cultivo dentro del grupo de países de la UE-15. En términos porcentuales, Dinamarca se sitúa a la cabeza de este grupo, con un 52,8% de su superficie destinada a tierras de cultivo, seguida de España (37%), Italia y Francia (35,5% en ambos casos). En el nuevo grupo de los 25 (UE-25) la posición de España se repite, salvo en el porcentaje de suelo de uso agrícola, en el que desciende a la sexta posición.

Cuando se supera la capacidad del suelo y de los cultivos que soporta para asimilar el nitrógeno aportado por los fertilizantes, se produce un exceso de nitrógeno que, a través de un proceso de lixiviación, migra a través de la zona no saturada hasta alcanzar el acuífero.

Según los últimos datos reflejados en el EU-ROSTAT, el exceso de nitrógeno por hectárea de terreno cultivable (Fig. 3) calculado para los años 1990 y 2000 en los países del UE-15, refleja un des-

censo generalizado excepto en dos de ellos: España e Irlanda, en los que se ha incrementado. No obstante, los datos del año 2000 reflejan que España figura entre los países que menos exceso de nitrógeno aportan (posición 12), con un valor de 39 kg N/ha, inferior al promedio de la UE-15 (55 kg N/ha).

EVOLUCIÓN DEL EXCESO DE NITRÓGENO

Estado miembro	Exceso de N ¹		Tendencia 1990-00
	1990	2000	
Holanda	263	226	↓
Bélgica	213	174	↓
Luxemburgo	167	117	↓
Alemania	147	105	↓
Dinamarca	80	77	↓
Grecia	83	69	↓
Finlandia	74	51	↓
Reino Unido	63	45	↓
Irlanda	36	44	↑
Austria	18	13	↓
Portugal	43	42	↓
España	27	39	↑
Francia	55	39	↓
Suecia	53	38	↓
Italia	44	37	↓
U E 15	65	55	↓

¹En kg por ha cultivable

Fuente: EUROSTAT

Fig. 3. Exceso de nitrógeno en la Europa de los 15.

LOS NITRATOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UE

La Unión Europea considera que la presencia de nitratos en las aguas subterráneas representa uno de los factores de riesgo más importantes para su calidad, tanto por el número de acuíferos afectados o amenazados, como por el hecho de que compromete a uno de sus usos más sensibles: el consumo humano. Pese a los esfuerzos realizados hasta el presente para controlarlo –entre ellos, la publicación de la Directiva sobre nitratos que obliga a los Estados miembros a designar zonas vulnerables y a controlar el uso de fertilizantes en las mismas–, el problema persiste y, en algunas regiones, se espera que aún pueda incrementarse.

Si bien suelen ser necesarios años o, incluso, décadas para que los nitratos alcancen las aguas subterráneas, teniendo en cuenta que la edad promedio de las destinadas a abastecimiento en la UE es de 40 años, se estima que la mayor parte del exceso de nitrógeno aportado por los fertilizantes –su fuente principal– se encuentra ya en estos acuíferos.

Los tratamientos para reducir el contenido de nitratos en las aguas de bebida son caros. En el caso del Reino Unido, el gasto anual en desnitrificación de aguas de bebida es del orden de 30 millones de euros, y se prevé que en las dos próximas décadas alcance un valor 10 veces superior. Por este motivo, es frecuente que se opte por diluirlas con aguas superficiales de mejor calidad y diferente origen. Naturalmente, tal opción no siempre se encuentra disponible, como ocurre en ciertas zonas de España donde los recursos subterráneos constituyen la única alternativa de suministro.

La UE considera que las medidas preventivas resultan más económicas que las correctoras. Según sus estimaciones, el coste de modificar las prácticas de cultivo para reducir la aportación de nitratos, representa para el agricultor del orden de 50-150 EUR por hectárea y año, un valor muy inferior al que requiere desnitrificar las aguas subterráneas contaminadas. Además, mediante este sistema la responsabilidad de la contaminación se atribuye al causante de la misma y no al consumidor, al que viene imputándose hasta el presente el coste del tratamiento.

En su Informe del año 2005, la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) calificó como “pobre” el grado implantación de la Directiva sobre nitratos por parte de los Estados miembros, circunstancia que, naturalmente, limita sus resultados. Existe, sin embargo, un claro ejemplo de que la estrategia preventiva puede resultar eficaz; es el caso de Dinamarca, donde la implantación de un plan nacional destinado al uso eficiente de los fertilizantes por parte de los agricultores, ha conseguido frenar el proceso de contaminación por nitratos de sus acuíferos. Este plan fue puesto en marcha en 1980, es decir, 11 años antes de publicarse la Directiva sobre nitratos.

La evolución de nitratos recogidas en el Informe de la AEMA (Fig. 4) antes citado, ponen de manifiesto que los contenidos más bajos corresponden a los países nórdicos, si bien en este grupo no aparece Suecia aunque sí Noruega, un Estado que no pertenece a la UE. Los valores más elevados se asignan al grupo de Europa occidental en el que, sin embargo, sólo figuran 27 masas de agua de 5 países (Austria, Bélgica, Dinamarca, Alemania y Holanda). La representatividad de estos datos queda sensiblemente disminuida ante ausencias tan importantes como las del Reino Unido, Portugal, España, Francia y otros países de la cuenca mediterránea, por lo que estos resultados pueden considerarse orientativos pero no concluyentes.

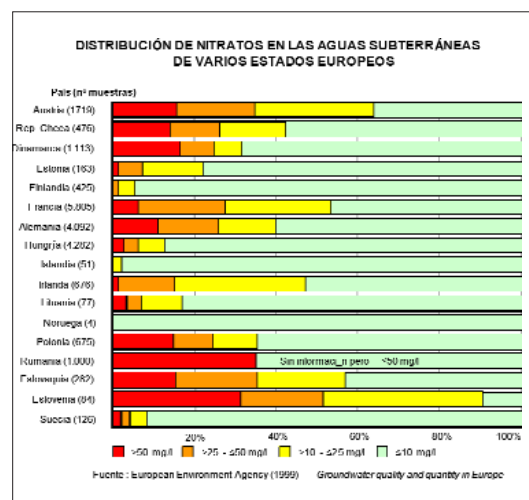


Fig. 4. Contenido en nitratos de las aguas subterráneas en países europeos.

PANORAMA AGRÍCOLA ESPAÑOL

El informe Perfil Ambiental de España 2005, ofrece un interesante resumen del panorama agrícola español, de especial interés a efectos de valorar la contaminación por nitratos asociada al consumo de fertilizantes. Entre sus principales conclusiones destacan las siguientes:

- Disminución de la superficie total de cultivo: de 20,2 millones de ha en 1990 se ha pasado a 17,6 millones de hectáreas en 2004
- Aumento de la superficie de regadío, que pasa de ser el 15,9% del total en 1990 al 18,6% en 2004
- Reducción del número de explotaciones agrarias menores de 20 hectáreas y aumento de las explotaciones mayores de 50 hectáreas
- Tamaño medio de las explotaciones agrarias (20,3 ha.) superior al de la media de la UE-15 (18,7 ha)
- Aumento progresivo de la automatización del sector
- Disminución continua de la población ocupada por la agricultura

De acuerdo con los resultados del año 2005 recogidos en la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (MAPA) (Fig. 5), a escala nacional el 81,2% de la superficie destinada a cultivos corresponde a secano, el 18,4% a regadíos y el 0,4% restante a invernaderos. La Comunidad Autónoma que, en términos absolutos, dispone de mayor superficie agrícola de regadío es Andalucía, seguida de Castilla-La Mancha, Castilla y León y Aragón. Sin embargo, es esta última la que cuenta con mayor porcentaje de su superficie de cultivo en régimen de regadío, con un 44,2%, seguida de Cantabria (35,6%), Navarra (28,1%) y la Comunidad Valenciana (28%).

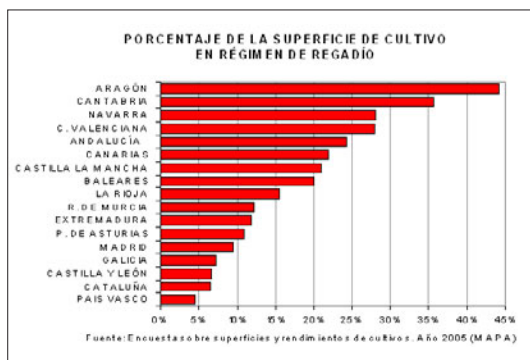


Fig. 5. Porcentaje de superficie en regadío en el territorio nacional.

El análisis del consumo total de fertilizantes nitrogenados por Comunidades Autónomas (Fig. 6) sitúa a Castilla y León y Andalucía en las primeras posiciones. Sin embargo, en términos de consumo por hectárea fertilizable la Comunidad Valenciana,

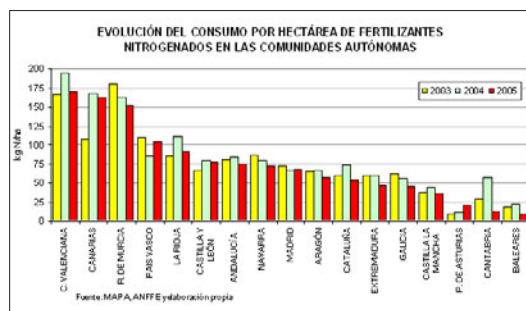


Fig. 6. Consumo de fertilizante nitrogenado por CCAA.

Canarias, y la Región de Murcia se encuentran a la cabeza. Las diferencias entre Comunidades suelen ser sustanciales, como lo demuestra, por ejemplo, el rango de variación registrado en el año 2005: 9,7-169,6 kg N/ha.

En términos globales, el período de abonado más intenso se sitúa entre los meses de septiembre y diciembre –aproximadamente el 40% del total anual–, mientras que los mínimos se alcanzan durante julio y agosto.

LOS NITRATOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ESPAÑA

La evaluación de la presencia de nitratos en las aguas subterráneas de las Comunidades Autónomas, se ha llevado a cabo a partir de los análisis más recientes de este compuesto incluidos en la base de datos EQMAS, elaborada por el IGME y que recoge información correspondiente a datos analíticos procedentes del IGME, Confederaciones Hidrográficas y CCAA. En resumen, se seleccionó un total de 2.903 análisis de nitratos correspondientes a otros tantos puntos de agua, pertenecientes a 521 masas de agua.

De acuerdo con las directrices de la UE, los análisis de nitratos se clasificaron en cuatro intervalos de concentración: ≤ 10 mg/l, $>10 - \leq 25$ mg/l, $>25 - \leq 50$ mg/l y >50 mg/l. El primero corresponde a las aguas cuyos contenidos pueden calificarse como de fondo natural; el segundo comprende aquellas que si bien poseen nitratos de origen antropogénico, no superan el valor de 25 mg/l considerado como indicador de calidad; el tercer intervalo corresponde a aguas contaminadas, pero que no superan el límite máximo admisible para las de consumo humano; las que sí lo hacen estarían, pues, comprendidas en el último de los intervalos citados.

En lo que respecta al porcentaje de muestras de contenido inferior a 10 mg/l NO_3 , este primer análisis (Fig. 7) sitúa a las Comunidades del norte de la Península y a Castilla y León en las posiciones más favorables. En el extremo opuesto se encuentran Baleares, Madrid, Extremadura, Castilla-La Mancha y la Comunidad Valenciana.

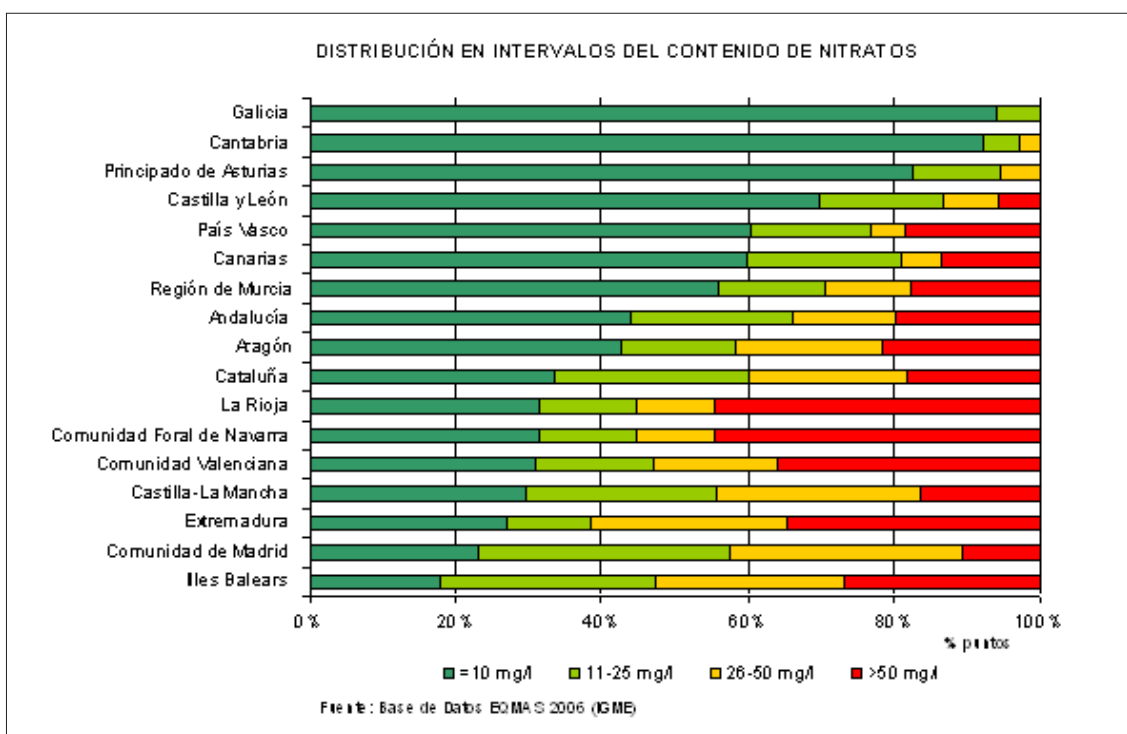


Fig. 7. Contenido en nitratos por CCAA.

Tal como se ha puesto de manifiesto a través de los resultados obtenidos en cada una de las Comunidades Autónomas, España ha designado hasta el presente un total de 57 zonas vulnerables (Fig. 9) en su territorio –un 12,7% de su superficie, y ha elaborado diversos códigos de buenas prácticas agrarias de aplicación a las mismas, iniciativas enmarcadas en la Directiva 91/676/CEE.

El mapa nacional de distribución de contenidos de nitratos (Fig. 10) pone de manifiesto la abundante presencia de puntos de agua por encima de 50 mg/l NO_3 (ITGE (1999) en el litoral mediterráneo, especialmente en las zonas costeras de la Comunidad Valenciana y Región de Murcia, así como en



Fig. 9. Mapa de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos.

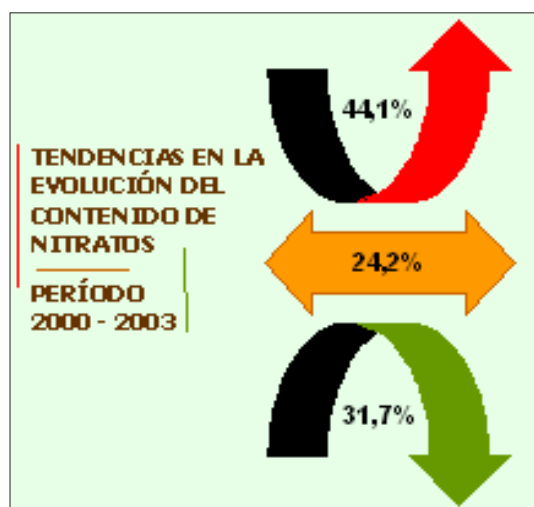


Fig.8. Tendencias de nitratos.



Fig. 10. Mapa de distribución de puntos de agua y concentraciones de nitratos. Fuente: EQMAS 2006 (IGME).

algunos tramos de las costas de Cataluña y Andalucía. También se observan concentraciones elevadas de los mismos en los valles del Guadiana, Guadalquivir y del Ebro, zonas del centro y noroeste de Castilla-La Mancha y en ambos archipiélagos. Por el contrario, en las Comunidades situadas a orillas del Cantábrico y en la de Castilla y León existe un claro predominio de aguas con baja concentración de este compuesto.

En lo relativo a la evolución temporal, según las conclusiones del último Informe cuatrienal remitido por el Ministerio de Medio Ambiente a la Comisión Europea correspondiente al período 2000-03, el porcentaje de puntos cuyo contenido promedio de nitratos superó en este último el umbral de 50 mg/l fue del 24,7%, frente al 21% del período 1996-99.

Asimismo, el citado Informe señala que, en el 44,1% de los puntos citados, la concentración de nitratos manifestó una tendencia creciente (Fig. 8), mientras que en el 24,2% se mantuvo estable y disminuyó en el 31,7%. En tales circunstancias, cabe esperar que la puesta en marcha de las medidas asociadas a los códigos de buenas prácticas agrarias logre frenar, en un plazo razonable, este deterioro progresivo.

CONSIDERACIONES FINALES

La contaminación por nitratos afecta a numerosos acuíferos españoles, al punto de que, en muchos de ellos, su concentración excede los estándares de calidad de agua de bebida establecidos para dicho compuesto.

Se ha presentado la problemática que la contaminación de las aguas por nitratos como causante de graves problemas de salud y medio ambiente, por tanto es esencial continuar la labor dirigida a una aplicación más rápida y rigurosa de la Directiva relativa a los nitratos.

La aplicación de la Directiva en España ha presentado y sigue presentando notables problemas tanto de tipo jurídico como técnico, por lo cual queda mucho por hacer no solo para cumplir con las obligaciones que impone la norma comunitaria, sino para conseguir difundir, entre los distintos sectores implicados la necesidad de protección y recuperación de las aguas subterráneas, sin que ello se perciba como una política limitadora del desarrollo, sino, como una contribución a la mejora de la calidad ambiental y de vida.

En relación con la DMA la fijación de un plazo, y los criterios para evaluar la tendencia al au-

mento de contaminantes –y su inversión– introducen novedades en la aplicación de la Directiva 91/676/CEE de nitratos, que deberán ser consideradas conjuntamente.

BIBLIOGRAFÍA

Bigeriego, M. (2001). El sector ganadero y el medio ambiente en España. Actas del IV Congreso Nacional de Suinicultura. Lisboa (Portugal).

Carrasco, F. Sánchez, D. Vadillo, I. Andreo, B. Martínez, C. Fernández, L. (2007). Application of the European water framework directive in a Western Mediterranean basin (Málaga, Spain) Environ Geology DOI 10.1007/s00254-007-0852-1

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2006 relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

Directiva del Consejo de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura (91/676/CEE).

European Environment Agency (2005). The European Environment - State and Outlook 2005.

Fernández Ruiz, L. (2002). La incidencia de la Directiva europea de nitratos en España. En del Saz, Fornes y Llamas (editores). "Régimen jurídico de las aguas subterráneas". 133-155. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.

Fernández Ruiz, L., Danés Castro, C. Ocaña Robles, L. (2005). Metodología de evaluación preliminar de presiones e impactos en las masas de agua subterránea. VI Simposio del Agua en Andalucía. IGME. Tomo II pp 1197-1208.

Foster, S.S.D. & Skinner A.C. (1995). Groundwater protection: the science and practice of land surface zoning. IAHS Publication 225: 471-482.

IGME (2006), Base de datos EQMAS.

ITGE (1999). Mapa de contenido en nitratos de las aguas subterráneas en España. Servicio Publicaciones del IGME.

Ramos y Ocio, (1992). Hojas divulgadoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Ramos, C. (1996). Efectos de las prácticas agrícolas en las pérdidas de nitrógeno y el medio ambiente. Fertiliser. Res. 43 183-189. ■

Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 17 de octubre de 2007 y aceptado definitivamente para su publicación el 19 de junio de 2008.